

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-225817

(43)Date of publication of application : 11.11.1985

(51)Int.Cl.

G02B 21/06

G02B 21/02

G02B 21/10

(21)Application number : 59-082455

(71)Applicant : NIPPON KOGAKU KK <NIKON>

(22)Date of filing : 24.04.1984

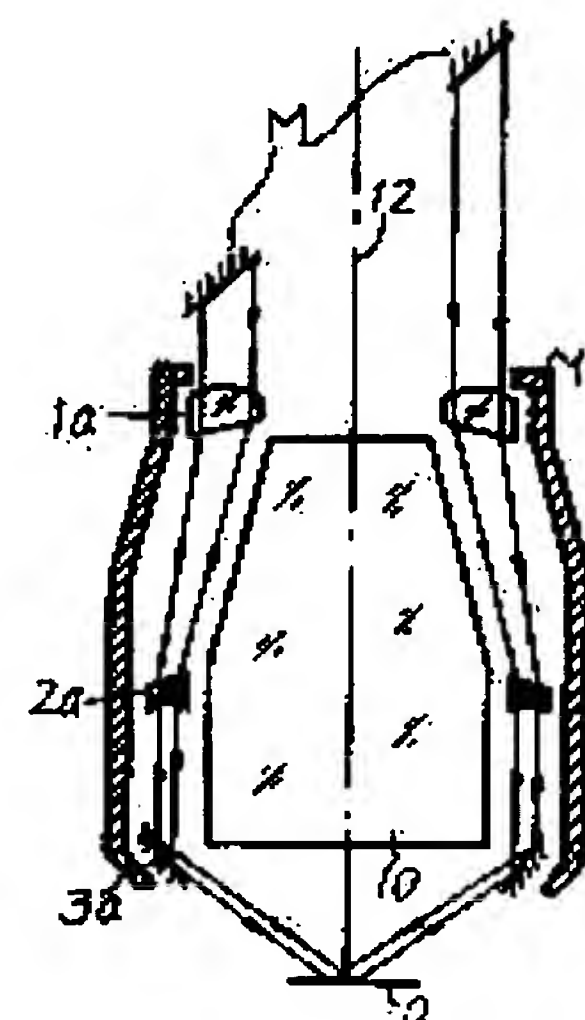
(72)Inventor : NAKAMURA EIJI  
SUENAGA YUTAKA

## (54) LARGE APERTURE EPIDARK OBJECTIVE LENS

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To supply uniform dark field illumination light efficiently by providing an annular outward deflecting member and an annular inward deflecting member which has a larger aperture than it between an annular light converging member and the incident light side end of the lens barrel of the objective lens.

**CONSTITUTION:** Nearly parallel annular illumination light from a light source is reflected by a holed reflection mirror M to travel toward the periphery of the objective lens 10. Then, it is incident on an annular troidal positive lens 1a provided as the outward deflecting member near the incident light side end of the objective lens 10 in the objective lens barrel 11, and deflected outward and converged. This converged luminous flux is converted into parallel luminous flux traveling in parallel to the optical axis of the objective lens 10 by an annular troidal negative lens 2a arranged as the inward deflecting member between the positive lens 1a and an annular troidal negative lens 2a as the annular light converging member and the converted light is incident on the annular reflection mirror 3a and reflected toward an object surface 0.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-225817

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)11月11日

G 02 B 21/06  
21/02  
21/107370-2H  
8108-2H  
7370-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 大口径エビダーク用対物レンズ

⑯ 特 願 昭59-82455

⑰ 出 願 昭58(1984)4月24日

⑱ 発 明 者 中 村 英 治 横浜市緑区市ケ尾町1169 高橋ビル402  
 ⑲ 発 明 者 末 永 豊 横浜市港北区日吉本町1452 第5コーポ本館406  
 ⑳ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
 ㉑ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

大口径エビダーク用対物レンズ

## 2. 特許請求の範囲

対物レンズの先端付近に該対物レンズ光軸と同軸に配置され、該対物レンズを包むリング状光束を集光して物体面を照明するためのリング状集光部材を有するエビダーク用対物レンズにおいて、前記リング状集光部材と該対物レンズの鏡筒の入射光側端との間に、リング状の外方偏肉部材と該リング状外方偏肉部材より大きな口径のリング状内方偏肉部材とを設け、該リング状外方偏肉部材と該リング状内方偏肉部材との一方に収斂性トロイダル面を形成し、他方に発散性トロイダル面を形成するとともに、該一方の収斂性トロイダル面と該他方の発散性トロイダル面とでほぼアフォーカル系を形成したことを特徴とする大口径エビダーク用対物レンズ。

## 3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は、落射照明型顕微鏡における暗視野照明装置、特に所謂エビダーク用対物レンズに関する。

(発明の背景)

エビダーク照明とは、落射照明型顕微鏡において対物レンズの周囲から対物レンズの光軸と同軸のリング状光束を供給し、これを対物レンズの先端付近に設けられたリング状集光部材によって物体面に導く暗視野照明である。最近、対物レンズの開口数及び作動距離が大きくなってきており、それに伴って対物レンズのレンズ口径も大きくなってきている。このため従来のエビダーク照明系では、対物レンズの周囲から十分な暗視野照明光を供給することが難しくなっている。また、従来のエビダーク照明系では、高倍率対物レンズに対しては物体面上で光束を強く集光するために物体面の近傍に光源像が形成されて照明むらを生じ易かった。これを避けて照明光の均一性を得るために照明光路中に拡散板を配置することは従来から行われているが、光量不足をきたすため、光

## 特開昭60-225017(2)

源の輝度を高めなければならず、光源の寿命を縮めることが避けられなかった。さらに、リング状光束を対物レンズの先端付近に配置されたリング状集光部材によって強く集光するため、ここでの収差による照明光の不均一性も生じ易かった。

## (発明の目的)

本発明の目的は、顕微鏡本体の構成を変更することなく、大きな口径を有する対物レンズにおいても十分なエビダーク照明を行うことが可能で、効率的に均一な暗視野照明光を供給し得るエビダーク用対物レンズを提供することにある。

## (発明の概要)

本発明は、対物レンズの先端付近に該対物レンズ光軸と同軸に配置され、該対物レンズを含む知るリング状光束を集光して物体面を照明するためのリング状集光部材を有するエビダーク用対物レンズにおいて、前記リング状集光部材と該対物レンズの鏡筒の入射光側端との間に、リング状の外方偏向部材と該リング状外方偏向部材より大きな口径のリング状内方偏向部材とを設け、該リング

状外方偏向部材と該リング状内方偏向部材との一方に収斂性トロイダル面を形成し、他方に発散性トロイダル面を形成するとともに、該一方の収斂性トロイダル面と該他方の発散性トロイダル面とはアフォーカル系を形成したものである。

このリング状外方偏向部材は、対物レンズの入射光側端に供給されるリング状光束の口径を、その外方偏向作用によって拡大すると共に、ここに設けられた収斂性トロイダル面又は発散性トロイダル面によって、リング状光束を収斂又は発散する。そして、内方偏向部材は外方偏向部材からのリング口径が拡大されたリング状光束を受けて、その内方偏向作用によりリング状光束の進行方向を対物レンズの光軸とほぼ平行に変換するとともに、ここに設けられた発散性トロイダル面又は収斂性トロイダル面によって、リング状光束を発散又は収斂する。従って、外方偏向部材と内方偏向部材とのそれぞれに形成されたトロイダル面の焦点距離及び両トロイダル面の間隔を変えることによって、両者のトロイダル面で形成されるアフォー

ーカル系の倍率を任意に選択し、対物レンズの周囲に供給されるリング状光束の幅を適宜に変えることが可能である。すなわち、外方偏向部材に収斂性のトロイダル面を形成し、内方偏向部材に発散性トロイダル面を形成する場合には、内方偏向部材を射出するリング状光束の幅を外方偏向部材に入射するリング状光束の幅よりも細くでき、逆に、外方偏向部材に発散性のトロイダル面を形成し、内方偏向部材に収斂性トロイダル面を形成する場合には、内方偏向部材を射出するリング状光束の幅を外方偏向部材に入射するリング状光束の幅よりも太くすることができる。内方偏向部材を射出するリング状光束の幅を細くすることは、高倍率対物レンズに必要な狭い照明領域に有利であり、その幅を太くすることは低倍率対物レンズに必要な広い照明領域に有利である。

尚、顕微鏡本体から対物レンズの周囲に供給されるリング状光束は、一般には平行光束であるため、外方偏向部材のトロイダル面と内方偏向部材のトロイダル面とで実質的にアフォーカル系が形

成されていることにより、対物レンズ先端付近のリング状集光部材へ平行光束を供給できるので、より効率的な高いコンパクトな構成とすることが可能である。

## (実施例)

以下、図示した実施例の構成に基づいて本発明を説明する。第1図は本発明によるエビダーク用対物レンズの第1実施例の構成を示す縦断面図である。図示なき光源から供給されるリング状のほぼ平行な照明光は、顕微鏡本体内に斜設された孔開き度射鏡(3)により反射され、対物レンズ(10)の周囲に向かう。そして、対物レンズ鏡筒(11)内の対物レンズ(10)の入射光側端近傍に設けられた、外方偏向部材としてのリング状トロイダル正レンズ(1a)に入射し、ここで外側に向けて偏向され又収斂される。この外方に向かう収斂光束は、リング状トロイダル正レンズ(1a)と、リング状集光部材としてのリング状反射鏡(3a)との間に配置された内方偏向部材としてのリング状トロイダル負レンズ(2a)によって、対物レンズ(10)

## 特開昭60-225817(3)

の光軸(12)とほぼ平行に進む平行光束に変換され、リング状反射鏡(3a)に入射する。リング状反射鏡(3a)はここでは円錐反射面からなっており、リング状トロイダル負レンズ(2a)からの平行光束を物体面(0)へ向けて反射する。

ここで、外方偏向部材としてのリング状トロイダル正レンズ(1a)は、第2図の断面図(A)と平面図(B)に示すごとく、中空のリング形状で、入射面(R1)は正レンズ作用をもつ凸のトロイダル面で、射出面(R2)はプリズム作用をもち入射光側に凸な円錐状屈折面であり、全体として対物レンズの光軸(12)を回転中心とする回転体である。また、内方偏向部材としてのリング状トロイダル負レンズ(2a)は、第3図の断面図(A)と平面図(B)に示すごとく、同じく中空のリング形状で、入射面(R3)はプリズム作用をもち入射光側に凸な円錐状屈折面であり、射出面(R4)は負レンズ作用をもつ凹のトロイダル面で、対物レンズの光軸を回転中心とする回転体である。そして、リング状トロイダル正レンズ(1a)の射出面(R2)はリング状

光束を外方に偏向する作用を有し、リング状トロイダル負レンズ(2a)の入射面(R3)はリング状光束を内方に偏向する作用を有しており、また、リング状トロイダル正レンズ(1a)の入射面(R1)の収束作用とリング状トロイダル負レンズ(2a)の射出面(R4)の発散作用とではほぼアフォーカル系が形成されている。また、リング状トロイダル正レンズ(1a)の口径は対物レンズ(10)の入射側口径よりやや大きくなっており、リング状トロイダル負レンズ(2a)の口径はリング状集光部材(3a)の口径とほぼ同等である。

そして、リング状トロイダル正レンズ(1a)に入射するリング状光束は、ここでの外方偏向作用を受けその口径が拡大されてリング状トロイダル負レンズ(2a)に達するため、リング状集光部材(3a)の口径を大きくでき、対物レンズ(10)の口径がかなり大きくても物体面(0)には十分な暗視野照明光を供給することが可能となる。また、リング状集光部材の口径を従来以上に大きくすることもできるので、作動距離を大きくすることも可能で

ある。更に、負屈折力と正屈折力とのリング状トロイダル面を組み合わせているので、照明光束についての収差補正、特に色収差の補正が可能となり、より良好な暗視野照明光束を供給することが可能となる。しかも、対物レンズの周囲に入射するリング状光束の幅はリング状集光部材に入射する時には細くなっているため、リング状集光部材を小さく構成することができる。

尚、リング状集光部材としては、内方偏向部材からのリング状光束を物体面に集める作用を持つことが必要であって、上記実施例の如く単に光束を反射する円錐状反射面に限らず、光束を収束又は発散させる作用を持つ構成とすることも実用的であり、リング状凹面又は凸面の反射鏡、さらにはリング状中空正レンズやリング状プリズムを用いることも可能である。

第4図は、本発明による第2実施例の概略構成を示す断面図であり、第1図と同等の作用を有する部材には同一の符号を付した。この第2実施例はリング状集光部材として収束作用を有するリン

グ状凹面反射鏡(3b)を用いたものである。この構成によれば、より高倍率の対物レンズに必要な高輝度で狭い物体領域への照明を行うことが可能である。そして、外方偏向部材と内方偏向部材との組合せによってリング状照明光束の幅を細くできるので、リング状集光部材の収束作用をあまり大きくする必要がなく、しかも収束すべき光束の幅自体が小さいため収差の発生が小さくなり、より均一な照明を行うことが可能である。また、リング状集光部材の収束作用が小さくて良いため、物体面上に光像を形成することが無く均一な照明が可能であると共に、リング状集光部材としての焦点距離も長いので作動距離を大きくするのにも有利である。このようにリング状集光部材に収束作用を持たせる場合には、本発明の構成が一層有利になる。

上記の実施例では、リング状集光部材としてリング状凹面反射鏡を用いたが、第5図に示した本発明による第3実施例では、リング状集光部材としてリング状のプリズム(3c)を用いたもので



## 特開2006-225817(4)

ある。図示した構成では、物体面を平行光束で照明しているが、リング状プリズムをリング状中空正レンズに置き換えてその焦点距離を変えることによって、対物レンズの視野に応じて収斂発散、または発散光束にて物体面を照明することが可能である。

第6図に示した本発明による第4実施例は、外方偏向部材及び内方偏向部材として、上記の実施例とは異なる構成を用いたものである。即ち、外方偏向部材及び内方偏向部材のそれぞれにおいて収斂作用及び発散作用を有するトロイダル面を図示の如く断面形状が偏芯した円形状としたものであり、このトロイダル面において収斂作用と外方偏向作用、また発散作用と内方偏向作用とを持つものである。詳述するならば、外方偏向部材としてのリング状トロイダル正レンズ(1b)の入射面(R1)は、対物レンズの光軸を含む断面内で偏芯した正レンズ作用を有するトロイダル面であり、この面でリング状光束を収斂すると共に外方へ向けて偏向する。このためリング状トロイダル正レンズ

(1b)の射出面(R2)は図示の如く、対物レンズの光軸(12)に垂直な平面として、積極的にプリズム作用を持たせない構成とすることが可能である。また、内方偏向部材としてのリング状トロイダル負レンズ(2b)の射出面(R4)は、対物レンズの光軸を含む断面内で偏芯した負レンズ作用を有するトロイダル面であり、この面でリング状光束を発散すると共に内方へ向けて偏向する。リング状トロイダル負レンズ(2b)の入射面(R3)は内方偏向作用を高めるために、プリズム作用を有する円錐面に形成されているが、リング状トロイダル正レンズ(1b)の射出面(R2)と同様に、対物レンズの光軸と垂直な平面に形成することも可能である。このような第4実施例の構成においても、効率的に暗視野照明を行うことができる。また第6図に示した第4実施例の如く、外方偏向部材(1b)及び内方偏向部材(2b)において、対物レンズの周囲に入射するリング状光束の外側の光線に対して、各プリズム作用と各レンズ作用とをバランスさせ、リング状光束の外側の光線を何等偏向することなしにリ

ング状収光部材(3b)に導き、対物レンズに入射するリング状光束の外周口径をより狭くすることなく内周口径のみを拡大しつつリング状収光部材に導くこともできる。

第7図は本発明による第5実施例の概略構成を示す断面図である。この第5実施例は外方偏向部材に発散性トロイダル面を設け、内方偏向部材に収斂性トロイダル面を設け、リング状光束の幅を拡大する構成としたもので、低倍率対物レンズ用の広い物体面の照明に有利な構成である。すなわち、対物レンズ鏡筒(11)内の対物レンズ(10)の入射光側近傍に設けられた、外方偏向部材としてのリング状トロイダル負レンズ(1c)に入射したリング状光束は、ここで外側に向けて偏向され又発散される。この外方に向かう発散光束は、リング状トロイダル負レンズ(1c)とリング状収光部材(3d)との間に配置された内方偏向部材としてのリング状トロイダル正レンズ(2c)によって、対物レンズ(10)の光軸(12)とはほぼ平行に進む平行光束に変換され、対物レンズ鏡筒(11)の先端付近に設

けられたリング状収光部材としてのリング状収光鏡(3d)に入射する。リング状収光鏡(3d)はここでは円錐反射面からなっており、リング状トロイダル正レンズからの平行光束を物体面(0)へ向けて反射する。

ここで、外方偏向部材としてのリング状トロイダル負レンズ(1c)は、第8図の断面図(A)と平面図(B)に示すごとく、中空のリング形状で、入射面(R11)は負レンズ作用をもつ凹のトロイダル面で、射出面(R12)はプリズム作用をもち入射光側に凸な円錐状屈折面であり、全体として対物レンズの光軸(12)を回転中心とする回転体である。また、内方偏向部材としてのリング状トロイダル正レンズ(2c)は、第9図の断面図(A)と平面図(B)に示すごとく、同じく中空のリング形状で、入射面(R13)はプリズム作用をもち入射光側に凸な円錐状屈折面であり、射出面(R14)は正レンズ作用をもつ凸のトロイダル面で、対物レンズの光軸を回転中心とする回転体である。そして、リング状トロイダル負レンズ(1c)の射出面(R12)はリ

## 特開昭60-225817 (5)

リング状光源を外方に偏向する作用を有し、リング状トロイダル正レンズ(2c)の入射面(813)はリング状光束を内方に偏向する作用を有しており、また、リング状トロイダル負レンズ(1c)の入射面(81)の発散作用とリング状トロイダル正レンズ(2c)の射出面(84)の収束作用とではほぼアフォーカル系が形成されている。また、リング状トロイダル負レンズ(1c)の口径は対物レンズ(10)の入射側口径よりやや大きくなっており、リング状トロイダル正レンズ(2c)の口径はリング状集光部材(3d)の口径とほぼ同等である。

従って、リング状トロイダル負レンズ(1c)に入射するリング状光束は、ここでの外方偏向作用を受けその口径が拡大されてリング状トロイダル正レンズ(2c)に達するため、リング状集光部材(3d)の口径を大きくでき、対物レンズ(10)の口径がかなり大きくても物体面(0)には十分な暗視野照明光を供給することが可能となる。また、リング状集光部材(3d)に達するリング状光束の幅をも拡大することができるため、低倍率対物レンズ用の

広い物体面への照明を行うのに有利である。

第10図は、本発明による第6実施例の概略断面図であり、第7図と同等の作用を有する部材には同一の符号を付した。この第6実施例はリング状集光部材として弱いパワーの発散作用を有するリング状凸面反射鏡(3e)を用いたものである。この構成によれば、より低倍率の対物レンズに必要なより広い物体領域への照明を行うことが可能である。そして、リング状凸面反射鏡に入射するリング状光束の幅が大きいので、リング状凸面反射鏡の発散作用が小さくて良いため、ここでの収差の発生が小さく、より広い範囲に対して均一な照明を行うことが可能である。

上記の実施例では、同様に外方偏向部材及び内方偏向部材として、リング状レンズ部材を用い屈折系にて構成したが、両者の一方又は両者を共に反射系にて構成することも可能である。第11図及び第12図に示した本発明による第7実施例及び第8実施例は、外方偏向部材と内方偏向部材とを共にリング状反射部材で構成したものである。

即ち、外方偏向部材としてリング状凹面反射鏡(1d)を、また内方偏向部材としてリング状凸面反射鏡(2d)を設けたものであり、第1実施例から第4実施例までと同様にリング状光束の口径を拡大しまたリング状光束の幅を縮小してリング状集光部材へ導くことが可能である。また図示した如く、反射系によれば、リング状光束の外側の光線と内側の光線とを入れ換えて物体面に導くことができる。この様に、反射系にて外方偏向部材と内方偏向部材とを形成する場合にも、大きな口径の対物レンズに対して有効な暗視野照明ができる。尚、第11図の第7実施例はリング状集光部材としてリング状凹面反射鏡(3b)を用いたものであり、第12図の第8実施例は、リング状集光部材としてリング状のプリズム部材(3c)を用いたものである。(発明の効果)

以上の如く、本発明によれば、対物レンズの口径が大きなるものであっても、顕微鏡本体に何等変更を加えることなく、リング状光束を対物レンズの先端まで効率的に導くことができ、リング状集

光部材によって物体面に十分な照明光を供給し、明るい暗視野照明を行うことができる。また、外方偏向部材と内方偏向部材とのそれぞれに設けられたトロイダル面によって実質的にアフォーカル系が形成され、このアフォーカル系によってリング状光束の幅を任意に選定することが可能である。このため、高倍率対物レンズに対しては、リング状光束の幅をアフォーカル系によって細くすることによって高解像度の均一照明が可能であり、また、低倍率対物レンズに対しては、リング状光束の幅をアフォーカル系によって太く拡大することによって広範囲の均一照明が可能である。しかも、リング状集光部材に達するリング状光束の幅を対物レンズに必要な照明領域に応じて選定できるので、リング状集光部材によって適度収束又は発散する必要がなく、ここでの収差の発生を少なくできるので、より優れた照明光を供給することが可能である。更に、対物レンズの先端部におけるリング状光束の口径は、従来のものよりも大きくできるため、作動距離を長くするためにも有利である。

特開昭60-225817(6)

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による第1実施例の概略構成を示す断面図、第2図(A)(B)は第1実施例に用いられる外方偏向部材の断面図及び平面図、第3図(A)(B)は第1実施例に用いられる内方偏向部材の断面図及び平面図、第4図、第5図及び第6図はそれぞれ本発明による第2、第3及び第4実施例の概略構成を示す断面図であり、第7図は本発明による第5実施例の概略構成を示す断面図、第8図(A)(B)は第5実施例に用いられる外方偏向部材の断面図及び平面図、第9図(A)(B)は第5実施例に用いられる内方偏向部材の断面図及び平面図、第10図は第6実施例の概略構成を示す断面図であり、第11図及び第12図は本発明による第7及び第8実施例の概略構成を示す断面図である。

〔主要部分の符号の説明〕

1a, 1b, 1c, 1d … 外方偏向部材

2a, 2b, 2c, 2d … 内方偏向部材

3a, 3b, 3c, 3d, 3e … リング状集光部材

R1, R14 … 収斂性トロイダル面

R4, R11 … 発散性トロイダル面

10 … 対物レンズ

9 … 物体面

出願人 日本光学工業株式会社

代理人 渡辺 陽 男

図 1  
概 略

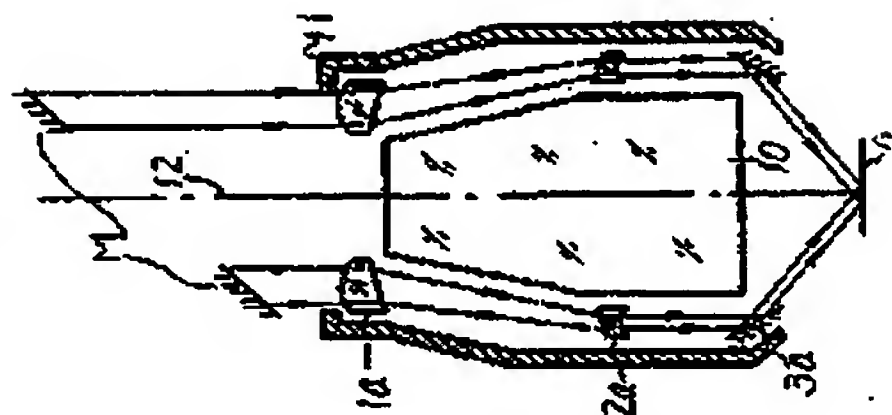


図 3

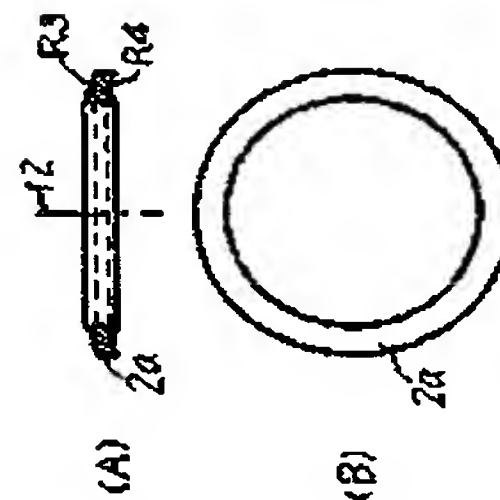
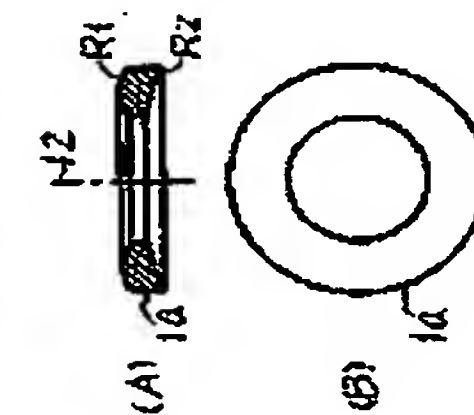


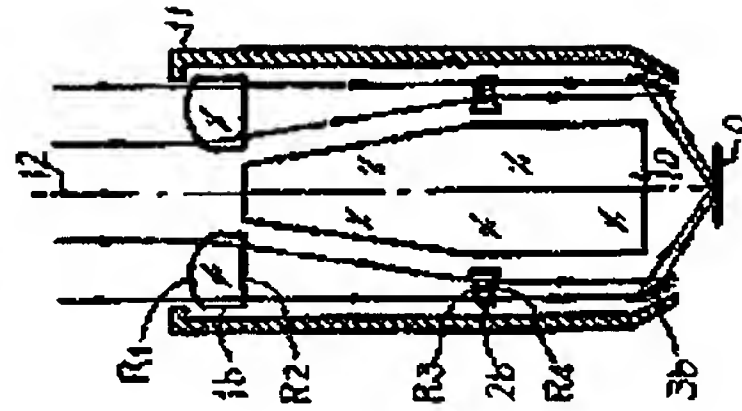
図 2



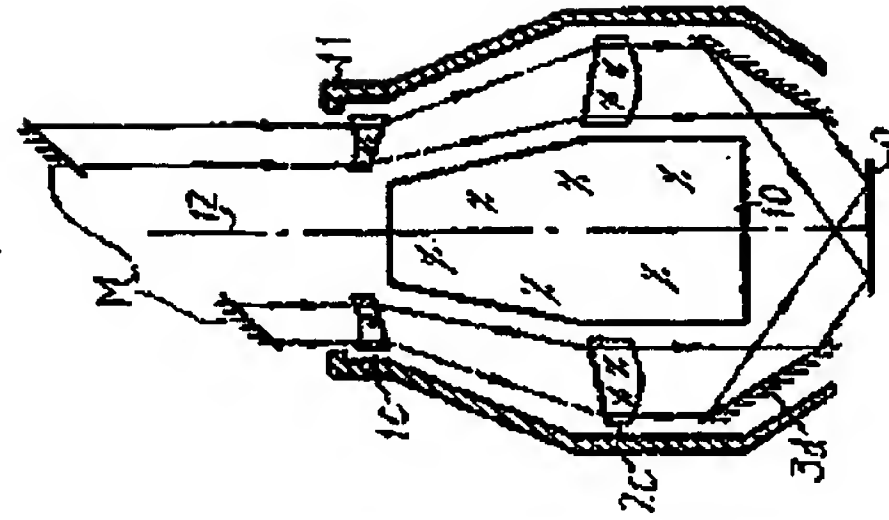


特開昭68-225817(7)

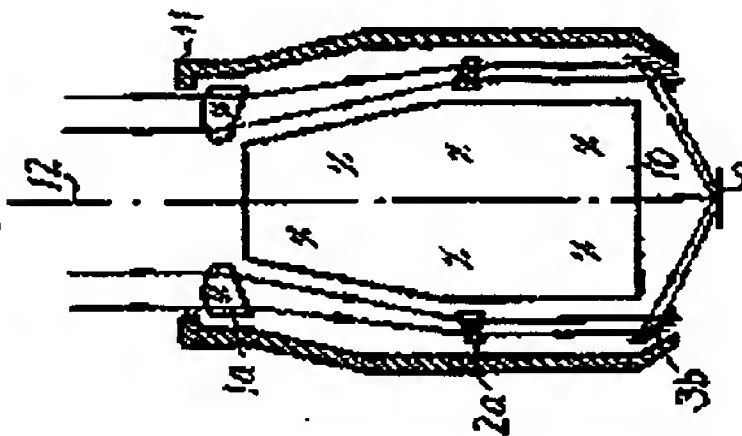
第 6 図



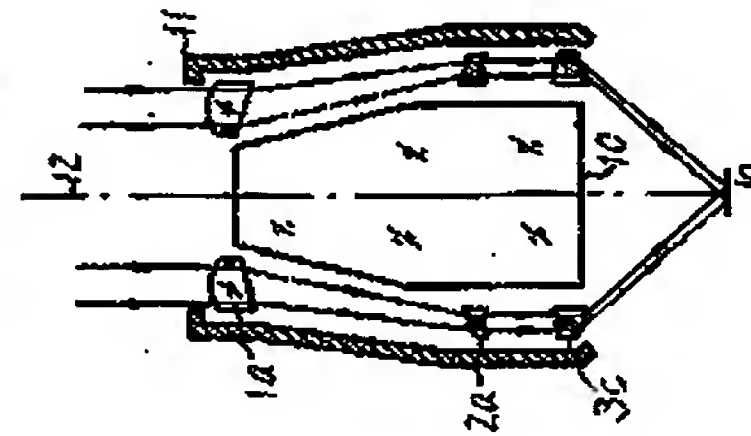
第 7 図



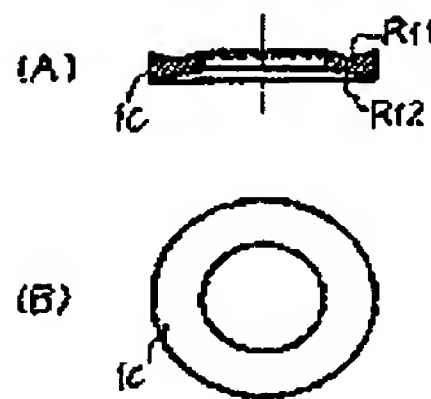
第 4 図



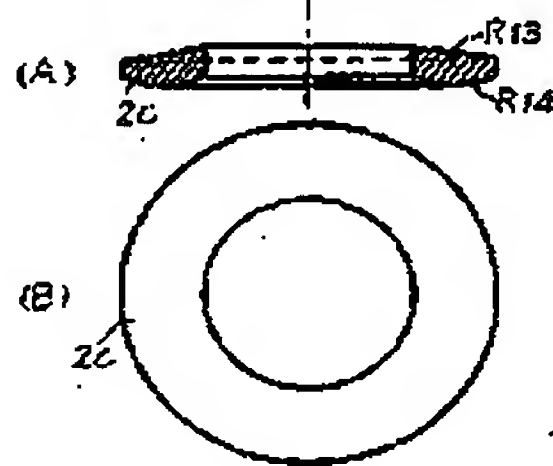
第 5 図



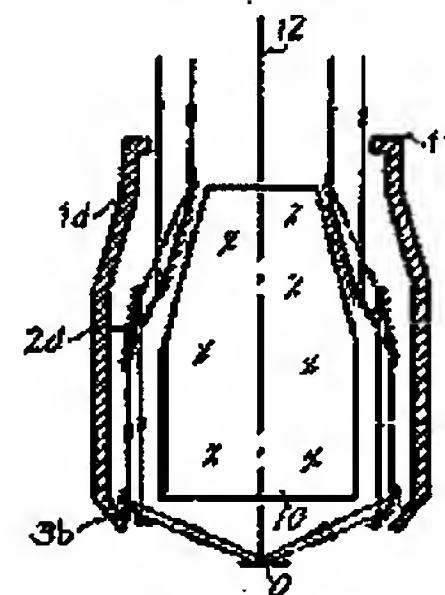
第 8 図



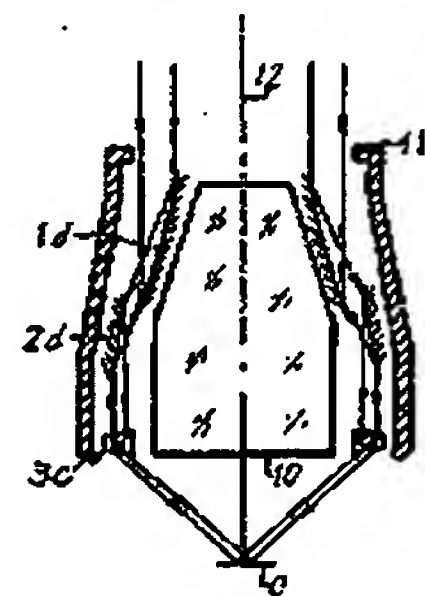
第 9 図



第 11 図



第 12 図



第 10 図

